

Correction du Partiel 1 - Analyse (sur 30 points) (2h00)

*Documents non autorisés - Calculatrice autorisée
Justifier les calculs
Séparer calcul littéral et numérique*

Exercice 1 : Étude du couple acide acétique/ion acétate (24,5 points)

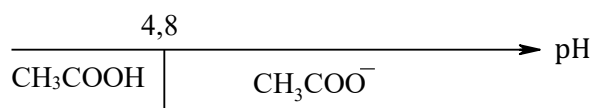
On donne :

$$pK_a(\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-) = 4,8$$

Densité de l'acide acétique : $d = 1,049$

Masse molaire de l'acide acétique : $M_1 = (60,0520 \pm 0,0025) \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

1/ Tracer le diagramme de prédominance de l'acide acétique et de l'ion acétate en solution aqueuse en fonction du pH. (1 point)



On constitue une solution aqueuse (S_1) de la manière suivante :

Dans une fiole jaugée de volume $V_0 = (500,00 \pm 0,30) \text{ mL}$, on introduit un volume $V_1 = (10,00 \pm 0,02) \text{ mL}$ d'acide acétique glacial (pur). On complète au trait de jauge avec de l'eau distillée, en agitant régulièrement. On obtient une solution limpide. Une analyse rapide à l'aide de papier pH montre que le pH de la solution ainsi constituée est compris entre 2 et 3.

2/ a - Montrer que la concentration apportée C_a en acide acétique dans la solution (S_1) est de $0,35 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. (1,5 points)

Quantité prélevée de $\text{CH}_3\text{COOH}_{(p)}$ pur, de masse volumique $\rho = 1,049 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$, donc la quantité de matière apportée en acide acétique à pour expression :

$$n_a = \frac{m_a}{M_1} = \frac{\rho \cdot V_1}{M_1}$$

La concentration apportée vaut donc :

$$C_a = \frac{n_a}{V_0} = \frac{\rho \cdot V_1}{M_1 \cdot V_0} = \frac{1,049 \times 10,0}{60,052 \times 500} = 3,494 \cdot 10^{-4} \dots \text{mol}\cdot\text{mL}^{-1} = 0,34936 \dots \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

b - Calculer les incertitude de type B suivantes :

$u_B(V_1)$, $u_B(V_0)$, et $u_B(M_1)$. **(1,5 points)**

On rappelle que dans le cas où on utilise une loi rectangulaire :

$$u_B = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

$$u_B(V_1) = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{0,02}{\sqrt{3}} = 0,0115 \dots \text{ mL}$$

$$u_B(V_0) = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{0,30}{\sqrt{3}} = 0,173 \dots \text{ mL}$$

$$u_B(M_1) = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{0,0025}{\sqrt{3}} = 0,00144 \dots \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

c - En déduire l'incertitude type composé sur C_a (1 point)

On rappelle que dans ce cas :

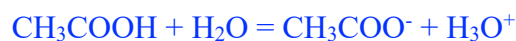
$$u_C(C_a) = C_a \cdot \sqrt{\left(\frac{u_B(V_1)}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{u_B(V_0)}{V_0}\right)^2 + \left(\frac{u_B(M_1)}{M_1}\right)^2}$$

$$\begin{aligned} u_C(C_a) &= 0,34936 \times \sqrt{\left(\frac{0,0115 \dots}{10,00}\right)^2 + \left(\frac{0,173 \dots}{500,00}\right)^2 + \left(\frac{0,00144}{60,0520}\right)^2} \\ &= 0,00042 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \end{aligned}$$

d - Écrire correctement le résultat de mesure sur C_a . On prendra $k = 2$ comme facteur d'élargissement. **(0,5 point)**

$$C_a = (0,3497 \pm 0,0008) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \quad \text{avec } k = 2$$

3/ Écrire l'équation chimique de mise en solution aqueuse de l'acide acétique. **(0,5 point)**



4/ En observant le diagramme de prédominance, que peut-on déduire du résultat fourni par le papier pH ? **(0,5 point)**

$\text{pH} < 4,8$: nous sommes dans le domaine de prédominance de l'acide.

5/ a - Remplir un tableau d'avancement. (1 point)

$$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$$

e.i	C_a	Solvant	0	0
e.f	$C_a - h$	Solvant	h	h

b - En déduire, à l'aide de la constante d'équilibre, la concentration de toutes les espèces en solution et donner la valeur du pH de la solution (S₁) avec un chiffre après la virgule. (2,5 points)

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{h^2}{C_a - h} \cong \frac{h^2}{C_a}$$

En effet, on fait l'approximation que l'acide est peu dissocié en solution, et donc que l'équilibre est peu déplacé vers la droite, donc que $h \ll C_a$.

On peut donc calculer h :

$$h = \sqrt{C_a \cdot K_a} = \sqrt{0,34971 \times 10^{-4,8}} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Cette valeur étant bien très inférieure à celle de la concentration apportée en acide acétique, l'approximation était pleinement justifiée.

$$\begin{aligned} \text{Finalement, } [\text{CH}_3\text{COOH}] &= 0,35 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \\ [\text{CH}_3\text{COO}^-] &= [\text{H}_3\text{O}^+] = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \end{aligned}$$

$$\text{D'où la valeur du pH : } \text{pH} = -\log h = -\log(2,4 \cdot 10^{-3}) = 2,6$$

À la solution précédente est ajouté un volume $V_b = 100 \text{ mL}$ d'une solution de soude de concentration $C_b = 2 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Cette solution de soude ayant été préparée à partir de la pesée d'une masse m_b d'hydroxyde de sodium pur. Après agitation, on obtient une solution (S₂).

On donne :

$$\text{Masse molaire de l'hydroxyde de sodium : } M_2 = 40,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

6/ a - Déterminer la masse à peser en hydroxyde de sodium pur. (1 point)

$$C_b = \frac{n_b}{V_b} = \frac{m_b}{M_2 \cdot V_b} \Rightarrow m_b = C_b \cdot M_2 \cdot V_b = 2 \cdot 10^{-1} \times 40,0 \times 0,1 = 0,8 \text{ g}$$

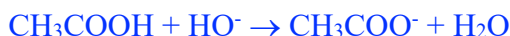
b - Écrire un mode opératoire pour indiquer à un apprenti technicien comment préparer le volume $V_b = 100 \text{ mL}$ de la solution de soude. (1 point)

Mode opératoire :

- Peser 0,8 g d'hydroxyde de sodium très pur dans une coupelle et les introduire dans la fiolejaugée avec un entonnoir à solide.

- Rincer la coupelle et l'entonnoir avec de l'eau distillée recueillie dans la fiole.
- Boucher et agiter délicatement la fiole
- Ajouter de l'eau distillée en s'arrêtant un peu avant le trait de jauge. Boucher et agiter.
- Faire enfin la mise au trait (bas du ménisque aligné avec le trait de jauge). Boucher et agiter.

7/ On veut doser la solution d'acide acétique précédente à l'aide de la soude. **Écrire la réaction de dosage. (0,5 point)**



8/ Montrer que la réaction est totale. (1 point)

On donne $\text{pK}_e(\text{H}_2\text{O}/\text{HO}^-) = 14$

Pour montrer que la réaction est totale, nous allons calculer la constante K de l'équilibre précédent :

$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot \omega} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot h}{[\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot \omega \cdot h} = \frac{K_a}{K_e} = 10^{9,2}$$

On constate que $K \gg 10^4$, on peut donc considérer la réaction comme totale.

9/ Indiquer les 3 méthodes principales permettant de doser cet acide par la soude. (0,75 points)

On peut utiliser le virage ou changement de teinte d'un indicateur coloré acido-basique. La brusque variation de pH de la solution au voisinage de l'équivalence ou le net changement de la conductivité de la solution à l'équivalence.

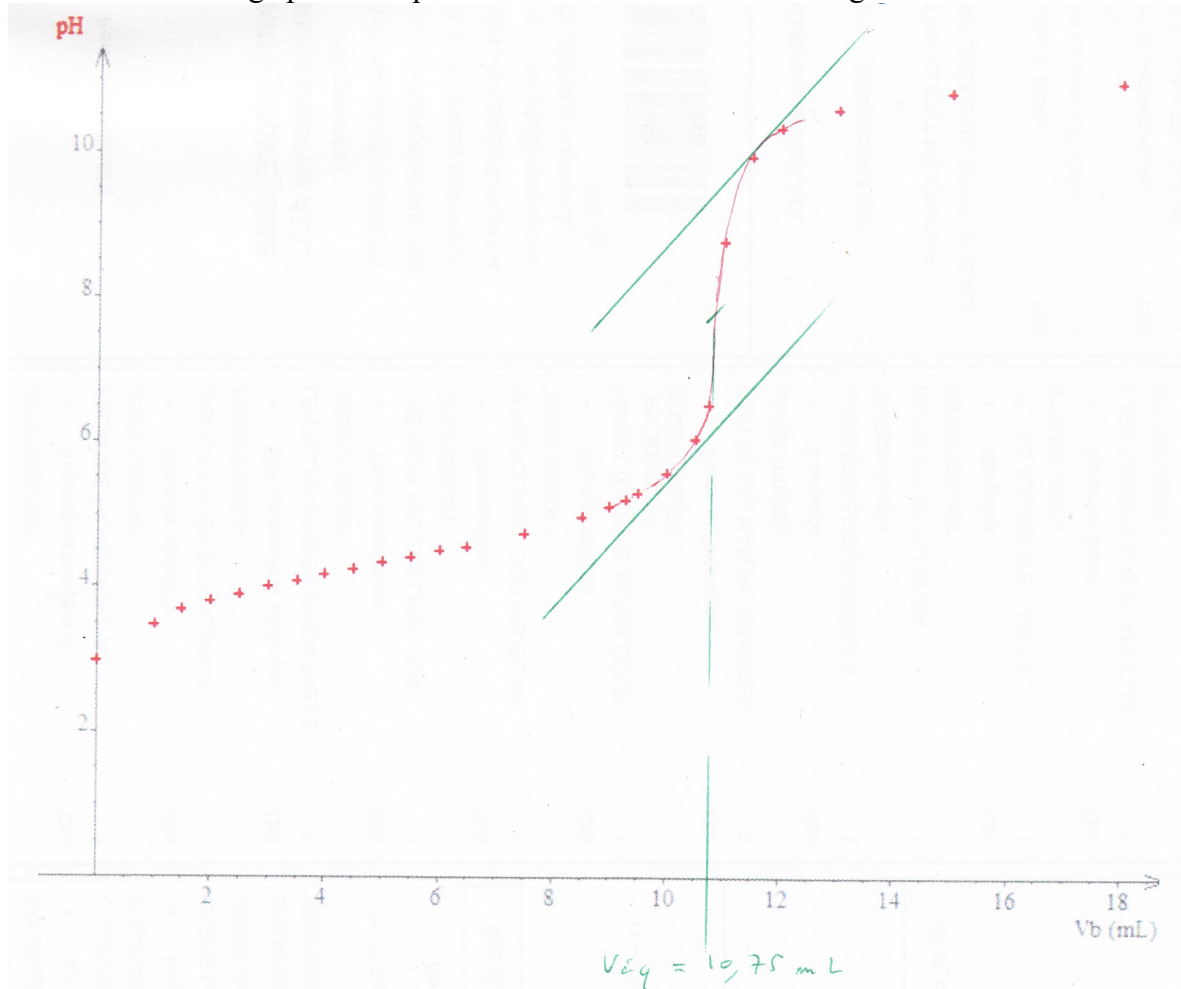
10/ Peut-on doser directement la solution d'acide acétique précédente à l'aide de la solution de soude préparée précédemment, sachant que l'on utilise une burette de 25 mL et que l'on utilise une prise d'essai en acide acétique de volume $V_a = 10,0$ mL ? Justifier votre réponse. (1 point)

$$\text{À l'équivalence : } n_b \text{ versé} = n_a \text{ mesurée} \Leftrightarrow C_b \cdot V_{\text{éq}} = C_a \text{ mesurée} \cdot V_a$$

$$\text{On peut donc calculer le volume équivalent à prévoir : } V_{\text{éq}} = \frac{C_a \cdot V_a}{C_b} = \frac{0,35 \times 10,0}{0,2} = 17,5 \text{ mL}$$

Valeur qui peut tout à fait être mesurée à l'aide d'une burette de 25 mL.

On effectue un dosage pH-métrique et on obtient la courbe de dosage suivante :



11/ a - Déterminer à l'aide de la courbe précédente le volume à l'équivalence, et en déduire la concentration dosée en acide acétique. (1 point)

Grâce à la courbe, on détermine $V_{eq} = 10,75 \text{ mL}$, d'où la concentration en acide :

$$C_{a \text{ mesurée}} = \frac{C_b \cdot V_{eq}}{V_a} = \frac{0,2 \times 10,75}{10,0} = 0,215 \text{ mol.L}^{-1}$$

b - Calculer le biais de mesure (on considérera la concentration apportée en acide acétique comme la concentration de référence). (0,5 point)

$$\text{biais de mesure} = C_{a \text{ mesurée}} - C_{a \text{ réf}} = 0,215 - 0,350 = -0,135 \text{ mol.L}^{-1}$$

c - Quelle qualité métrologique caractérise le calcul précédent ? Sachant que ce biais ne doit pas dépasser $\pm 0,03 \text{ mol.L}^{-1}$. Que peut-on dire de cette qualité métrologique ? (0,5 point)

Le biais de mesure est largement plus grand que $0,03 \text{ mol.L}^{-1}$, l'exactitude de la méthode n'est donc pas vérifiée.

12/ a - On réitère le dosage précédent, et on obtient cette fois-ci une concentration en acide $C_{a2} = 0,347 \text{ mol.L}^{-1}$. **Étudier la compatibilité métrologique et conclure.**

(Cf annexe 1) **(0,5 point)**

On donne $s_r = 0,015 \text{ mol.L}^{-1}$.

$$C_{a2} - C_{a \text{ mesurée}} = 0,347 - 0,215 = 0,132 > 2,8 \times 0,015 \text{ mol.L}^{-1}$$

La compatibilité métrologique en répétabilité n'est pas vérifiée, il faut donc faire une troisième mesure.

b - On effectue un troisième dosage, et on obtient cette fois-ci une nouvelle concentration en acide $C_{a3} = 0,351 \text{ mol.L}^{-1}$. **Étudier la compatibilité métrologique et conclure. (0,5 point)**

$$C_{a3} - C_{a \text{ mesurée}} = 0,351 - 0,215 = 0,136 > 3,3 \times 0,015 \text{ mol.L}^{-1}$$

La compatibilité métrologique en répétabilité n'est toujours pas vérifiée, On gardera donc la valeur médiane :

$$C_{a \text{ retenue}} = 0,347 \text{ mol.L}^{-1}$$

13/ On aurait pu effectuer le dosage en utilisant un indicateur coloré. **Lequel aurait-il fallu utiliser ? (Cf annexe 2) (0,5 point)**

Un indicateur coloré convient pour un dosage acido-basique si sa zone de virage contient le pH du point équivalent.

Ici le pH à l'équivalence vaut environ $\text{pH}_e = 7,5$.

Le rouge de crésol dont la zone de virage, comprise entre 7,2 et 8,8, est donc l'indicateur coloré qui conviendrait le mieux.

Le laboratoire, étant apte à utiliser la méthode de dosage pH-métrique, doit employer des moyens de vérification continue (ou CIQ).

14/ a - **Rappeler ce que veut dire l'acronyme CIQ. (0,5 point)**

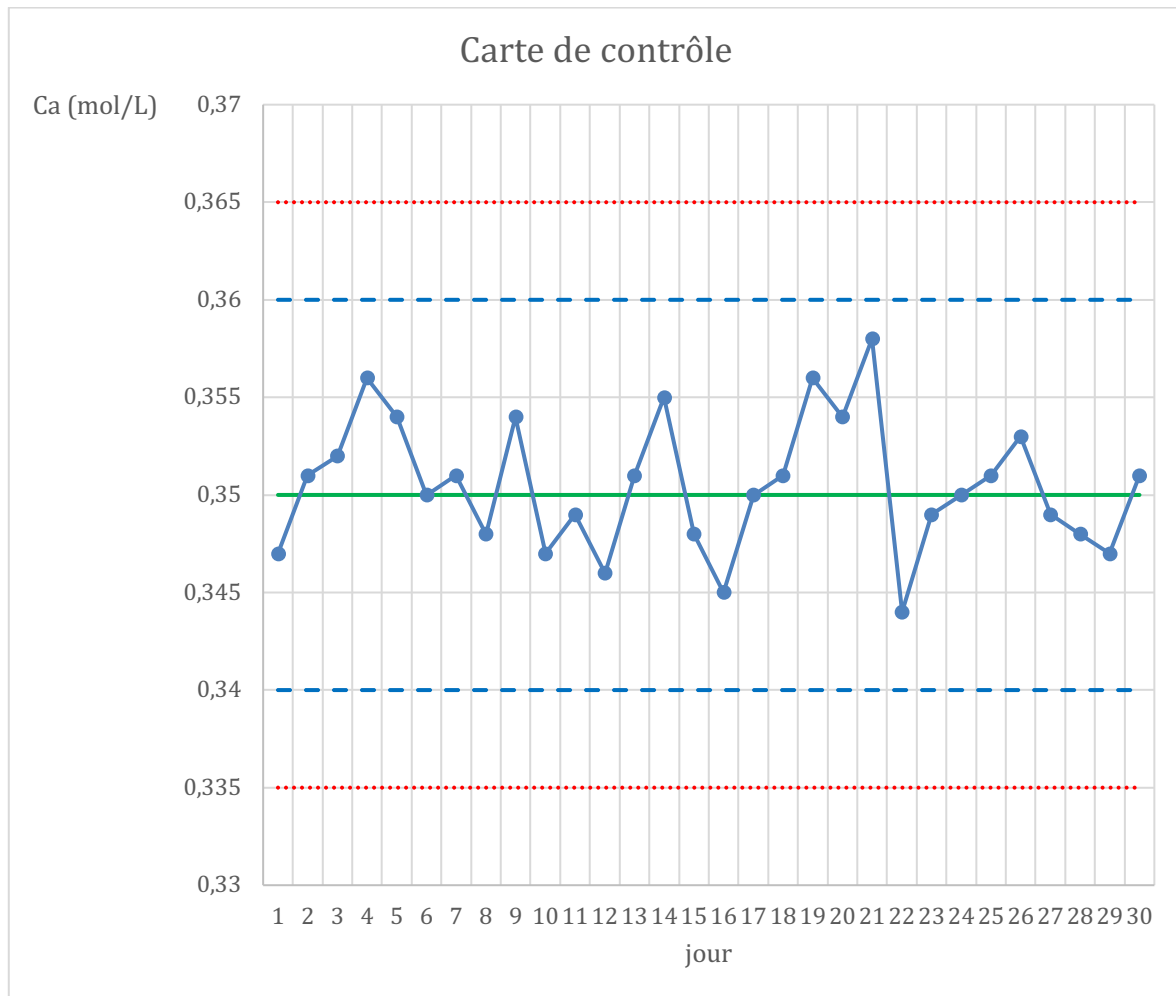
CIQ = Contrôle Interne de la Qualité

b - **En quoi consiste le CIQ ? (0,5 point)**

Le CIQ consiste à effectuer, des vérifications régulières des caractéristiques de justesse, de fidélité et/ou d'exactitude.

15/ On obtient la carte de contrôle des observations individuelles ci-dessous.

On donne $s = 0,005 \text{ mol.L}^{-1}$



a - Indiquer à quoi correspondent les lignes horizontales en traits pleins, en traits pointillés larges et petits. (0,75 points)

La ligne horizontale en trait plein correspond à la référence (concentration de référence à $0,35 \text{ mol.L}^{-1}$).

Les lignes horizontales en traits pointillés larges correspondent aux limites de surveillance inférieure et supérieure (situées à 2 écarts-type de la valeur référence).

Les lignes horizontales en petits traits pointillés correspondent aux limites d'action inférieure et supérieure (situées à 3 écarts-type de la valeur référence).

b - Vérifier par calcul, les valeurs des lignes horizontales en traits pointillés. (1 point)

$$L_{\text{surveillance inf}} = 0,35 - 2 \times 0,005 = 0,34 \text{ mol.L}^{-1} \text{ et } L_{\text{surveillance sup}} = 0,35 + 2 \times 0,005 = 0,36 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$L_{\text{action inf}} = 0,35 - 3 \times 0,005 = 0,335 \text{ mol.L}^{-1} \text{ et } L_{\text{action sup}} = 0,35 + 3 \times 0,005 = 0,365 \text{ mol.L}^{-1}$$

c - Que pouvez-vous dire du contrôle effectué sur un mois ? Conclure. (Cf annexe 3).
(1 point)

On observe deux règles d'avertissement 4_{1s} , c'est-à-dire que l'on observe au moins 4 valeurs consécutives situées du même côté de la référence et éloignées d'un écart-type.

Du 2^{ème} au 5^{ème} jour et du 18^{ème} au 21^{ème} jour.

Néanmoins, on peut conclure que sur un mois, nous avons une bonne exactitude des mesures, c'est-à-dire que les valeurs de concentrations obtenues sont comprises dans l'intervalle $[C_{ref} - 2s ; C_{ref} + 2s] = [0,34 ; 0,36] \text{ mol.L}^{-1}$ à 95 % de confiance.

Le laboratoire décide d'évaluer ses performances vis-à-vis d'autres laboratoires de même type en participant à une étude inter-laboratoires.

16/ Les résultats obtenus par les laboratoires participants sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

numéro laboratoire	Concentration en acide acétique (mol.L ⁻¹)	Z-score
1	0,341	1,33
2	0,359	1,58
3	0,351	0,28
4	0,352	0,44
5	0,352	0,44
6	0,346	0,53
7	0,347	0,36
8	0,35	0,12
9	0,36	1,74
10	0,341	1,33
11	0,343	1,01
12	0,349	0,04

a - Calculer la moyenne et l'écart-type estimé des concentrations en acide acétique. (1 point)

À l'aide de la calculatrice, on obtient : $C_{moy} = 0,3493 \text{ mol.L}^{-1}$ et $s = 0,0062 \text{ mol.L}^{-1}$

b - Calculer le z-score pour le laboratoire n° 9 puis conclure sur l'étude inter-laboratoires (Cf annexe 4). (1 point)

$$z = \frac{C_9 - C_{moy}}{s} = \frac{0,36 - 0,3493}{0,0062} = 1,74$$

Conclusion : Tous les z-score sont en dessous de 2 => tous les laboratoires ont une exactitude correcte.

Exercice 2 : Qualification d'un conductimètre (5,5 points)

Afin de pouvoir utiliser dans de bonnes conditions son conductimètre, un laboratoire décide de vérifier l'exactitude de son conductimètre en étalonnant son appareil à l'aide de solutions étalons certifiées. Il va donc procéder à une qualification opérationnelle et de performances de son appareil.

1) Quel autre type de qualification a été réalisé sur cet appareil lors de son achat ? (0,5 point)

Qualification d'installation.

2) Dès l'arrivée de l'instrument dans l'établissement, il faut respecter la procédure (en 3 points) suivante : (1 point)

- vérifier que l'instrument est conforme à la commande et contrôler les documents techniques fournis ;
- lui affecter un n° d'identification et l'inscrire dans l'inventaire ;
- procéder à une qualification d'installation de cet instrument, c'est-à-dire l'installer correctement dans un environnement adapté à son utilisation, selon les recommandations indiquées dans la notice du fabricant.

3) La qualification s'effectue de la manière suivante :

- Utilisation de solutions étalons de conductivités certifiées :

Type	Valeurs certifiées de conductivité*
KCl 1 D	111,3 mS/cm $\pm$ 0,5 % à 25 °C
KCl 0,1 D	12,85 mS/cm $\pm$ 0,35 % à 25 °C
KCl 0,01 D	1408 μ S/cm $\pm$ 0,5 % à 25 °C
NaCl 0,05 %	1015 μ S/cm $\pm$ 0,5 % à 25 °C
KCl 26,6	26,6 μ S/cm $\pm$ 2,5 % à 20 °C

* La tolérance est spécifiée en prenant en compte l'incertitude élargie à $k = 2$

- Les mesures effectuées sur ces solutions étalons de conductivités certifiées sont données dans le tableau ci-dessous

Type	Valeurs mesurées de conductivité
KCl 1 D	110,8 mS/cm
KCl 0,1 D	12,89 mS/cm
KCl 0,01 D	1,41 mS/cm
NaCl 0,05 %	1,02 mS/cm
KCl 26,6	27,0 μ S/cm

Déterminer si le conductimètre est qualifié en conductivité. (2,5 points)

Type	Valeurs certifiées de conductivité*
KCl 1 D	[110,74 ; 111,86] mS/cm à 25 °C
KCl 0,1 D	[12,81 ; 12,89] mS/cm à 25 °C
KCl 0,01 D	[1401 ; 1415] µS/cm à 25 °C
NaCl 0,05 %	[1010 ; 1020] µS/cm à 25 °C
KCl 26,6	[26,33 ; 27,68] µS/cm à 20 °C

* La tolérance est spécifiée en prenant en compte l'incertitude élargie à $k = 2$

On constate que toutes les valeurs mesurées de conductivité des 5 étalons rentrent bien dans les intervalles précédents, donc le conductimètre est bien qualifié en conductivité.

Les mesures effectuées sur les 3 premières solutions étalons de conductivités certifiées sont données dans le tableau ci-dessous à d'autres température

Type	Valeurs mesurées de conductivité à 20 °C
KCl 1 D	102,5 mS/cm
KCl 0,1 D	11,49 mS/cm
KCl 0,01 D	1,29 mS/cm

4) Déterminer si le conductimètre est qualifié en température (Cf annexe 5). (1,5 points)

Type	Valeurs mesurées de conductivité à 20 °C
KCl 1 D	101,63 mS/cm $\pm 0,5 \%$ = [101,12 ; 102,14] mS/cm
KCl 0,1 D	11,64 mS/cm $\pm 0,35 \%$ = [11,60 ; 11,68] mS/cm
KCl 0,01 D	1,273 mS/cm $\pm 0,5 \%$ = [1,267 ; 1,279] mS/cm

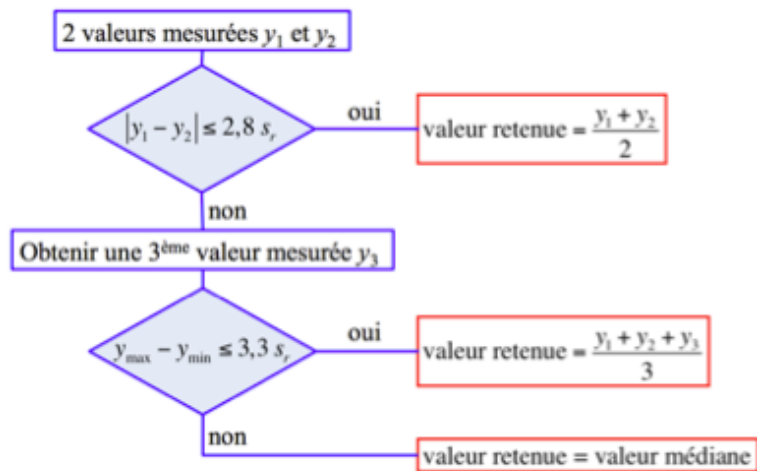
On constate qu'aucunes valeurs mesurées de conductivité des 3 étalons rentrent bien dans les intervalles précédents, donc le conductimètre ne peut pas être qualifié en température.

Il faudra donc soit effectuer une maintenance curative, soit l'utiliser aux températures spécifiques, c'est-à-dire à 25°C pour toutes les gammes et à 20 °C pour la gamme de conductivité la plus faible.

FIN DE L'ÉPREUVE

Annexe 1

Logigramme de compatibilité en répétabilité



Logigramme de compatibilité en répétabilité à 2 ou 3 valeurs

Utilisation du logigramme

- Si, pour des raisons matérielles, il n'est pas possible de réaliser un troisième essai alors que celui-ci serait nécessaire, la moyenne ne sera pas effectuée et un résultat sera rendu pour l'un des essais.
- Ce logigramme ne peut, en aucun cas, être utilisé pour des numérations sur une suspension.

Annexe 2

Table d'indicateurs colorés

indicateur	teinte acide	zone de virage	teinte basique
vert de malachite	jaune	0,1 – 2,0	vert
jaune d'alizarine R	rouge	1,9 – 3,3	jaune
hélianthine	rouge	3,1 – 4,4	jaune
bleu de bromophénol	jaune	3,0 – 4,6	bleu
rouge d'alizarine S	jaune	3,7 – 5,2	violet
vert de bromocrésol	jaune	3,8 – 5,4	bleu
rouge de méthyle	rouge	4,2 – 6,2	jaune
bleu de bromothymol	jaune	6,0 – 7,6	bleu
rouge de crésol	jaune	7,2 – 8,8	rouge
phénol-phtaléine	incolore	8,2 – 10,0	rose
rouge d'alizarine S	violet	10,0 – 12,0	jaune
jaune d'alizarine R	jaune	10,1 – 12,1	violet
vert de malachite	vert	11,5 – 13,2	incolore
carmin d'indigo	bleu	11,6 – 14,0	jaune

Zone de virage et teintes de quelques indicateurs colorés acido-basiques.

ANNEXE 3 : RÈGLE DE WESTGARD

Règles d'avertissement		Règles d'action	
1 _{2s}	1 valeur éloignée de la référence de plus de 2 écarts-type	1 _{3s}	1 valeur éloignée de la référence de plus de 3 écarts-type
4 _{1s}	4 valeurs consécutives du même côté de la référence et éloignées de plus de 1 écart-type	2 _{2s}	2 valeurs consécutives du même côté de la référence et éloignées de plus de 2 écarts-type
10 _x	10 valeurs consécutives situées du même côté de la référence	R _{4s}	2 valeurs consécutives éloignées l'une de l'autre de plus de 4 écarts-type

ANNEXE 4 : SCORE z

Le score z traduit l'erreur de mesure en nombre d'écarts-type : $z = \frac{y - y_{\text{aptitude}}}{S_{\text{aptitude}}} = \frac{D}{S_{\text{aptitude}}}$ Remarque : la valeur limite $z = 2$ correspond à $D = 2 \cdot S_{\text{aptitude}}$ pour un niveau de confiance d'environ 95 % soit un risque d'environ 5 % de rejet à tort.	$ z \leq 2$	Performance du laboratoire acceptable. Exactitude correcte
	$2 < z \leq 3$	Signal d'avertissement
	$ z > 3$	Performance du laboratoire incorrecte. Signal d'action

ANNEXE 5 : Tableau des conductivités

Conductivité (en mS/cm) des solutions Démal de KCl (1 D ; 0,1 D et 0,01 D)

Temp. (°C)	KCl ⁽²⁾ 1 D	KCl ⁽¹⁾ 0,1 D	KCl ⁽¹⁾ 0,01 D	Temp. (°C)	KCl ⁽²⁾ 1 D	KCl ⁽¹⁾ 0,1 D	KCl ⁽¹⁾ 0,01 D
0	65,14	7,13	0,773	25	111,31	12,85	1,409
1	66,85	7,34	0,796	26	113,27	13,10	1,436
2	68,58	7,56	0,820	27	115,22	13,35	1,464
3	70,32	7,77	0,843	28		13,59	1,491
4	72,07	7,98	0,867	29		13,84	1,519
5	73,84	8,20	0,891	30		14,09	1,547
6	75,62	8,42	0,915	31		14,34	1,575
7	77,41	8,64	0,940	32		14,59	1,603
8	79,21	8,86	0,965	33		14,85	1,632
9	81,03	9,08	0,989	34		15,10	1,660
10	82,85	9,31	1,014	35		15,35	1,688
11	84,68	9,54	1,039	36		15,61	1,717
12	86,54	9,76	1,065	37		15,86	1,745
13	88,39	9,99	1,090	38		16,12	1,774
14	90,26	10,22	1,116	39		16,37	1,803
15	92,13	10,46	1,142	40		16,63	1,832
16	94,02	10,69	1,168	41		16,89	1,861
17	95,91	10,93	1,194	42		17,15	1,890
18	97,81	11,16	1,220	43		17,40	1,919
19	99,72	11,40	1,247	44		17,66	1,948
20	101,63	11,64	1,273	45		17,92	1,977
21	103,56	11,88	1,300	46		18,18	2,007
22	105,49	12,12	1,327	47		18,44	2,036
23	107,42	12,36	1,354	48		18,70	2,065
24	109,36	12,61	1,381	49		18,96	2,095

¹⁾Référence : "Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML)", Recommandation n°56 et le NIST ("National Institute of Standards and Technology", Journal of Solution Chemistry, Vol. 20, no 4 1991.

²⁾Pour la solution de KCl 1 Démal : extrapolation des résultats du NIST à partir des conductivités données par l'OIML à 0 °C, 18 °C et 25 °C.